

PCT

WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales Büro



INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

| | | |
|---|----|---|
| (51) Internationale Patentklassifikation 6 : H01L 27/148 | A1 | (11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 98/22982 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 28. Mai 1998 (28.05.98) |
|---|----|---|

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP97/06380
(22) Internationales Anmeldedatum: 15. November 1997
(15.11.97)

(30) Prioritätsdaten:
196 47 603.8 18. November 1996 (18.11.96) DE

(71)(72) Anmelder und Erfinder: BÖHM, Markus [DE/DE];
Universität-Gesamthochschule Siegen, Institut für Halbleit-
erelektronik, Fachbereich 12, Elektrotechnik u. Informatik,
Hölderlinstrasse 3, D-57068 Siegen (DE). SCHULTE,
Jürgen [DE/DE]; Mainaustrasse 146, D-78464 Konstanz
(DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): LULÉ, Tarék [DE/DE];
Am Eichenhang 21, D-57076 Siegen (DE). RIEVE, Peter
[DE/DE]; Hauptstrasse 142, D-51570 Windeck (DE).

(74) Anwalt: COHAUSZ & FLORACK; Kanzlerstrasse 8a,
D-40472 Düsseldorf (DE).

(81) Bestimmungsstaaten: CA, CN, JP, KR, US, europäisches
Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE,
IT, LU, MC, NL, PT, SE).

Veröffentlicht

Mit internationalem Recherchenbericht.
Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen
Frist. Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen
eintreffen.

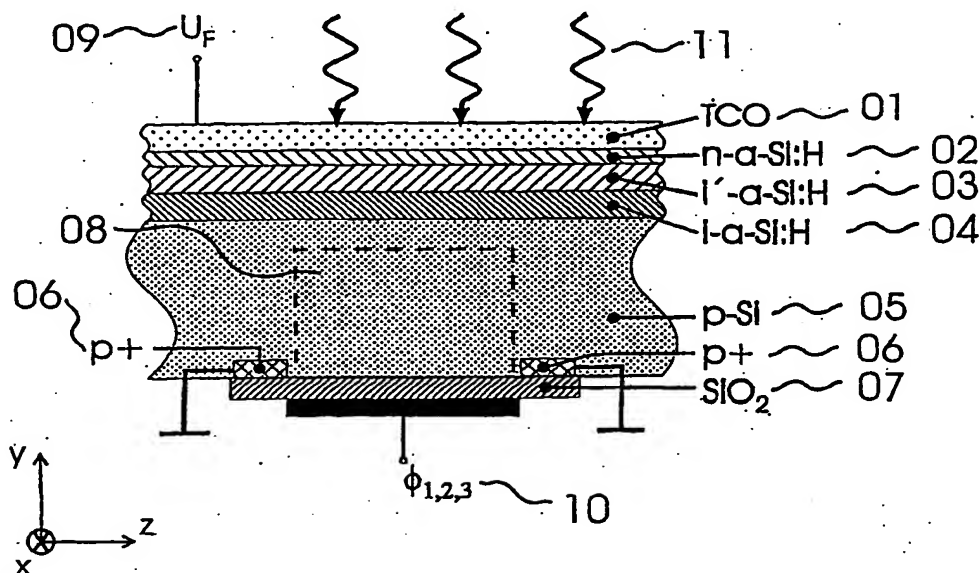
②

(54) Title: COLOUR IMAGE CHARGE-COUPLED SENSOR

(54) Bezeichnung: FARBBILDSSENSOR IN LADUNGSVERSCHIEBETECHNIK

(57) Abstract

An optical sensor consists of an arrangement of picture elements (pixels). An optoelectronic converter (11), is a storage device (8) and a transport device (12) are associated to each picture element. The object of the invention is to design such a sensor device so that it becomes suitable for processing colours without losing its lateral resolution. For that purpose, at least one semiconductor layer (2, 3, 4) to which an external electric voltage (9) can be applied is arranged upstream of each picture element, in the light incidence direction. The absorption and/or collecting properties of the semiconductor layers (2, 3, 4) can be varied in such a way that when different external electric voltages (9) are applied to the component, charge carriers generated by radiation of different wavelengths are collected.



DECT AVAILABLE COPY

(57) Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft einen optischen Sensor bestehend aus einer Anordnung von Bildpunkteinheiten (Pixel), wobei jede Bildpunkteinheit einen optoelektronischen Wandler (11) sowie eine Speichervorrichtung (8) und eine Transportvorrichtung (12) umfaßt. Die Aufgabe, eine Sensorvorrichtung dahingehend auszulegen, daß sie ohne Verlust an lateraler Auflösung für die Verarbeitung von Farben geeignet ist, wird dadurch gelöst, daß jeder Bildpunkteinheit in Lichteinfallrichtung mindestens eine Halbleiterschicht (2, 3, 4) vorgeordnet ist, an die eine externe elektrische Spannung (9) anlegbar ist; wobei die Absorptions- und/oder Sammeleigenschaften der mindestens einen Halbleiterschicht (2, 3, 4) derart variabel sind, daß für unterschiedliche elektrische Spannungen (9) Ladungsträger, welche durch Strahlung unterschiedlicher Wellenlänge generiert werden, gesammelt werden.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

| | | | | | | | |
|----|------------------------------|----|-----------------------------------|----|---|----|--------------------------------|
| AL | Albanien | ES | Spanien | LS | Lesotho | SI | Slowenien |
| AM | Armenien | FI | Finnland | LT | Litauen | SK | Slowakei |
| AT | Österreich | FR | Frankreich | LU | Luxemburg | SN | Senegal |
| AU | Australien | GA | Gabun | LV | Lettland | SZ | Swasiland |
| AZ | Aserbajdschan | GB | Vereinigtes Königreich | MC | Monaco | TD | Tschad |
| BA | Bosnien-Herzegowina | GE | Georgien | MD | Republik Moldau | TG | Togo |
| BB | Barbados | GH | Ghana | MG | Madagaskar | TJ | Tadschikistan |
| BE | Belgien | GN | Guinea | MK | Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien | TM | Turkmenistan |
| BF | Burkina Faso | GR | Griechenland | | | TR | Türkei |
| BG | Bulgarien | HU | Ungarn | ML | Mali | TT | Trinidad und Tobago |
| BJ | Benin | IE | Irland | MN | Mongolei | UA | Ukraine |
| BR | Brasilien | IL | Israel | MR | Mauritanien | UG | Uganda |
| BY | Belarus | IS | Island | MW | Malawi | US | Vereinigte Staaten von Amerika |
| CA | Kanada | IT | Italien | MX | Mexiko | | |
| CF | Zentralafrikanische Republik | JP | Japan | NE | Niger | UZ | Usbekistan |
| CG | Kongo | KE | Kenia | NL | Niederlande | VN | Vietnam |
| CH | Schweiz | KG | Kirgisistan | NO | Norwegen | YU | Jugoslawien |
| CI | Côte d'Ivoire | KP | Demokratische Volksrepublik Korea | NZ | Neuseeland | ZW | Zimbabwe |
| CM | Kamerun | | | PL | Polen | | |
| CN | China | KR | Republik Korea | PT | Portugal | | |
| CU | Kuba | KZ | Kasachstan | RO | Rumänien | | |
| CZ | Tschechische Republik | LC | St. Lucia | RU | Russische Föderation | | |
| DE | Deutschland | LI | Liechtenstein | SD | Sudan | | |
| DK | Dänemark | LK | Sri Lanka | SE | Schweden | | |
| EE | Estland | LR | Liberia | SG | Singapur | | |

Farbbildsensor in Ladungsverschiebetechnik

Die vorliegende Erfindung betrifft einen optischen Sensor bestehend aus einer Anordnung von Bildpunkteinheiten (Pixel), wobei jede Bildpunkteinheit einen optoelektronischen Wandler zum Umwandeln der einfallenden Strahlung in eine intensitäts- und wellenlängenabhängige Ladungsmenge sowie eine Speichervorrichtung für die Ladungsmenge und eine Transportvorrichtung für Ladungsmengenpakete umfaßt, und bestehend aus einer die Steuersignale für alle Bildpunkteinheiten bereitstellenden Steuervorrichtung sowie eine Auslesesteuereinrichtung für das Auslesen der abgespeicherten Ladungsmengen, wobei aus den bildpunkteinheitensbezogenen Meßwerten das auf den Sensor eingestrahlte Bild zusammensetzbar ist.

Elektronische Bildsensoren sind bekannt und werden in unterschiedlichen Technologien hergestellt. Solche Sensoren sind derart aufgebaut, daß eine Anzahl Lichtwandelelemente (Pixel) in geeigneter Weise angeordnet sind, meist als eine einzige Zeile oder in Spalten und Zeilen als Matrix geordnet. Bei Bildsensoren, die nach der Ladungsverschiebetechnik arbeiten (Charge Coupled Device-Sensoren, im folgenden CCD-Sensoren genannt), wird ein auf den Sensor projiziertes Bild von den Pixeln in eine der am Pixelort einfallenden Lichtmenge näherungsweise proportionale elektrische Ladung umgewandelt. Die Ladungsträger, die in jedem Pixel erzeugt werden, werden in örtlich begrenzten Gebieten in

einem Halbleitersubstrat integriert, welches z. B. aus kristallinem Silizium bestehen kann, so daß mit der Belichtungszeit näherungsweise proportionale Signalladungspakete entstehen. Diese örtlich begrenzten Gebiete werden mittels geeigneter Steuersignale erzeugt, so daß sich in ihnen Signalladungen sammeln können. Die Steuersignale werden nach der Integrationszeit derart verändert, daß die Signalladungen sequentiell verschoben werden, bis diese zu einer Ausleseelektronik gelangen, wo sie in eine der Signalladung proportionale Spannung umgewandelt werden. Diese läßt sich mit geeigneten Mitteln bildauswertenden oder bildverwertenden Einheiten wie zum Beispiel einem Aufzeichnungsgerät zuführen.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß jeder Bildpunkteinheit in Lichteinfallrichtung mindestens eine Halbleiterschicht vorgeordnet ist, an die eine externe elektrische Spannung anlegbar ist, wobei die Absorptions- und/oder Sammeleigenschaften der mindestens einen Halbleiterschicht derart variabel sind, daß für unterschiedliche von außen an das Bauelement angelegte elektrische Spannungen Ladungsträger, welche durch Strahlung unterschiedlicher Wellenlänge generiert werden, gesammelt werden.

Farbauflösende Bildsensoren zeichnen sich dadurch aus, daß für jeden Bildpunkt mehr als ein Signal detektiert werden muß. In der Regel wird entsprechend den drei Farbanteilen Rot, Grün und Blau eine Dreiteilung vorgenommen. Erst diese Farbsignale zusammengenommen ergeben die komplette Farbinformation eines Bildpunktes, die sich beispielsweise im Rahmen einer Signalübertragungsstrecke aus den drei linear unabhängigen Einzelsignalen reproduzieren läßt.

Der Erfindung liegt das Problem zugrunde, eine Bildszene aufzunehmen und in elektrische Signale umzuwandeln derart, daß mehrere Teilbilder erzeugt werden, die sich in der Gewichtung der verschiedenen in der Szene enthaltenen Spektralanteile unterscheiden. Für den sichtbaren Spektralbereich erweist sich insbesondere die Zerlegung in den blauen, grünen und roten Spektralbereich als sehr vorteilhaft, da diese spektrale Gewichtung eine dem menschlichen Auge angepaßte farbige Wiedergabe von Bildszenen ermöglicht.

Technisch existieren mehrere Möglichkeiten zu Realisierung der genannten Farbauflösung. Die Verfahren zur Erzeugung der spektral gewichteten Teilbilder lassen sich grob in zwei Typen unterteilen. Der erste Typ solcher farbbildgebender Verfahren verwendet mehrere CCD-Sensoren, deren spektrale Empfindlichkeiten sich durch das Einbringen von Farbfiltern in die jeweiligen Strahlengänge der einzelnen CCD-Sensoren unterscheiden. Entsprechende CCD-Sensoren sind beispielsweise in A. J. P. Theuwissen, Solid-State Imaging with Charge-Coupled Devices, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Kap. 6.2.4, S. 171ff., 1995, beschrieben. Diesem Verfahren haftet der Nachteil an, daß die einzelnen Strahlengänge so justiert werden müssen, daß sie zu völlig identischen Abbildungen der Szene auf den Bildsensoren führen, da die rekonstruierten Farb-Teilbilder sonst nicht deckungsgleich kombiniert werden können, was Farbverzerrungen nach sich zieht.

Der zweite existierende Typ farbbildgebender Verfahren verwendet spezielle CCD-Sensoren, bei denen durch mosaikartiges Aufbringen mehrerer Farbfilter jeweils benachbarte Pixel für unterschiedliche Spektralbereiche empfindlich gemacht werden. In diesem Zusammenhang kann

beispielsweise auf A. J. P. Theuwissen, Solid-State Imaging with Charge-Coupled Devices, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Kap. 6.2.2, S. 168ff., 1995, verwiesen werden. Während die Farb-Teilbilder dieser Sensoren auf diese Art und Weise automatisch kongruent zueinander sind, sinkt bei diesem Verfahren die effektive Auflösung um den Faktor drei bis vier, da jeweils drei bzw. vier benachbarte Sensorpixel benötigt werden, um die komplette Farbinformation eines Bildpunktes zu extrahieren.

Eine Kombination eines optischen Detektors mit einem CCD Sensor ist aus dem Aufsatz „A 2-Million-Pixel CCD Image Sensor Overlaid with an Amorphous Silicon Photoconversion Layer“, S. Manabe, Y. Mastunaga, A. Furukawa, K. Yano, Y. Endo, R. Miyagawa, Y. Iida, Y. Egawa, H. Shibata, H. Nozaki, N. Sakuma, N. Harada, IEEE Transactions on Electron Devices, 38 (8), S. 1765-1771, 1991, bekannt. Es handelt sich hierbei jedoch um einen ausschließlich lichtintensitätsempfindlichen optischen Detektor, welcher über keinerlei Farbselektivität verfügt. Außerdem steht in diesem Fall die Photokonversionsschicht nicht in direktem Kontakt zum Halbleitersubstrat, sondern ist über eine Metallisierung mit diesem verbunden, so daß diese Konfiguration als eine Serienschaltung zweier diskreter Bauelemente betrachtet werden muß. Gleiches gilt für ähnliche Konfigurationen mit Dünnschicht-Photokonversionsschichten auf CCD- oder CMOS-Sensoren, welche in den Aufsätzen „A Random Noise Reduction Method for an Amorphous Silicon Photoconversion Layer Overlaid CCD Imager“, N. Nakamura, S. Ohsawa, Y. Matsunaga, O. Yoshida, IEEE Transactions on Electron Devices, 44 (10), 1663-1666, 1997, und „Analysis of Low Fixed Pattern Noise Cell Structures for Photoconversion Layer Overlaid CCD or CMOS Image Sensors“, S. Ohsawa, M.

Sasaki, R. Miyagawa, Y. Matsunaga, IEEE Transactions on Electron Devices, 44 (10), 1667-1671, 1997.

Ferner sind beispielsweise aus „Amorphous Silicon Charge-Coupled Devices“, M. Matsumura, in: J. Kanicki, „Amorphous and Microcrystalline Semiconductor Devices: Optoelectronic Devices“, Artech House, Inc., Norwood, Kap. 4, S. 141-166, 1991, CCD-Sensoren bekannt, welche aus amorphem Silizium bestehen. Infolge der hohen Defektdichte dieses Materials und der daraus resultierenden geringen Lebensdauer und Beweglichkeit der Ladungsträger können diese in amorphem Silizium nur über extrem kurze Zeiträume gespeichert und transportiert werden, so daß das Material für den Aufbau von CCD-Sensoren wenig geeignet erscheint.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen farbauflösenden Bildsensor in der Ladungsverschiebetechnik der eingangs genannten Art dahingehend auszulegen, daß er ohne Verlust an lateraler Auflösung für die Verarbeitung von Farben geeignet ist.

Hinsichtlich der Realisierung einer erfindungsgemäßen Detektorkombination bestehen prinzipiell zwei Möglichkeiten: Die für den Transport der Signalladungen erforderlichen Vorrichtungen können auf der der Lichteinfallsrichtung zugewandten Seite des Sensors neben den farbempfindlichen Photokonversionselementen angeordnet sein. Alternativ dazu ist auch die Möglichkeit gegeben, daß sich die für den Transport der Signalladungen erforderlichen Vorrichtungen auf der der Lichteinfallsrichtung abgewandten Seite des Sensors befinden.

In bezug auf die geometrische Anordnung der Bildpunkte werden Zeilensensoren, bei denen die Sensorpixel in einer einzigen Zeile angeordnet sind, und Flächensensoren unterschieden, welche aus einer zweidimensionalen Pixelmatrix bestehen.

Die auf den CCD-Sensor aufgebrachte Detektorstruktur besteht aus zusätzlichen Halbleiterschichten, die eine Bauelementstruktur ergeben, welche in ihrer spektralen Empfindlichkeit steuerbar ist. Der Photokonvertor kann dabei einerseits ausschließlich durch die zusätzlichen Halbleiterschichten gebildet werden. Andererseits besteht die Möglichkeit, daß das Halbleitersubstrat, welches den CCD-Sensor bildet, selbst Teil der Detektorstruktur ist.

Eine besonders bevorzugte Ausführungsform erfindungsgemäßer Farb-Bildsensoren sieht die Verwendung von Mehrschichtsystemen auf der Basis amorphen Siliziums oder dessen Legierungen als farbselektiver Detektor vor, dessen spektrale Empfindlichkeit sich mit Hilfe der anliegenden elektrischen Spannung verändern läßt. Entsprechende optoelektronische Bauelemente in Dünnschichttechnologie sind aus (DE P 44 41 444 bzw. PCT/EP 95/0341 bekannt. Durch zyklische Variation der Spannung kann bei farbselektiven Bauelementen dieser Art die Empfindlichkeit zwischen verschiedenen linear unabhängigen Farbempfindlichkeiten derart umgeschaltet werden, daß zeitlich sequentiell die Farbinformationen der auf den Bildpunkt treffenden Beleuchtung extrahiert werden können. Im Rahmen der erfindungsgemäßen Kombination eines derartigen farbselektiven Photokonvertors mit einem CCD-Bauelement wird die den Detektor oder einen Teil des Detektors bildende Mehrschichtstruktur in der Regel unmittelbar, d. h. ohne

zusätzliche elektrisch leitende oder dielektrische Schichten auf das Halbleitersubstrat aufgebracht.

Die bekannten Bauelemente machen von der Wellenlängenabhängigkeit des Absorptionskoeffizienten Gebrauch, der zufolge kurzwelliges Licht nahe der Oberfläche des Detektors absorbiert wird und dort Ladungsträger erzeugt, während mit zunehmender Wellenlänge die Eindringtiefe des Lichtes ansteigt, so daß photoinduzierte Ladungsträger auch in tiefer gelegenen Schichten der Struktur erzeugt werden. Durch Bereitstellung eines ortsabhängigen Ladungsträger-Sammelprofils, welches beispielsweise durch Anlegen einer äußeren Spannung beeinflußt werden kann, ist es möglich, Ladungsträger aus bestimmten Bereichen der Detektorstruktur zu extrahieren und auf diese Weise eine veränderliche spektrale Empfindlichkeit zu realisieren. In diesem Zusammenhang tragen nur Ladungsträger, welche in Bereichen hoher elektrischer Feldstärke generiert werden, zur Empfindlichkeit des Detektors bei, da nur sie unter der Einwirkung des elektrischen Feldes getrennt und in Richtung der Inversionszone des betreffenden CCD-Sensorpixels beschleunigt werden, während photogenerierte Ladungsträger in Bereichen mit unzureichender Driftlänge durch Rekombination verlorengehen.

Die erfindungsgemäße Kopplung eines derartigen Detektors mit einem auf einem Halbleitersubstrat befindlichen CCD-Sensor sorgt dafür, daß ein Teil der Ladungsträger, welche in der Detektorstruktur generiert und infolge des elektrischen Feldes getrennt werden, per Drift bzw. Diffusion über den Kontakt zwischen den aufgetragenen Halbleiterschichten und dem Halbleitersubstrat, welcher in der Regel eine Heteroübergang ist, in die Inversionsschicht der CCD-Bildpunkte gelangen, wo sie

akkumuliert und als Signalladung gespeichert werden, bis diese nach Ende der Integrationsperiode durch entsprechende Taktung des CCDs in Richtung einer Ausleseelektronik transportiert wird.

Die steuerbare spektrale Empfindlichkeit des optischen Detektors führt dazu, daß die Größe der in der Inversionsschicht eines CCD-Bildpunktes akkumulierten Ladung der Intensität der auf den Bildpunkt auftreffenden Beleuchtung nach Maßgabe der jeweils vorliegenden spektralen Empfindlichkeit entspricht und mithin als Farbsignal angesehen werden kann.

Stellt das Substrat, wie oben beschrieben, einen Teil der farbselektiven Detektorstruktur dar, so wird eine Elektrode des Detektorelementes durch das (entsprechend dotierte) Halbleitersubstrat gebildet. Im Substrat photoelektrisch erzeugte Ladungsträger tragen mithin zur Empfindlichkeit des Sensors bei.

Die Gestaltung des optischen Detektors kann beispielsweise derart erfolgen, daß die auf dem Substrat befindlichen Halbleiterschichten für eine Selektivität zwischen den Farben Blau und Grün ausgelegt sind und die Rotempfindlichkeit durch das Substrat selbst bereitgestellt wird. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, mit einem Dünnschichtdetektor den kompletten Bereich des sichtbaren Lichtes, selektiv nach den Grundfarben Rot, Grün und Blau aufzulösen und die dem Substrat aus kristallinem Silizium zugehörige Empfindlichkeit für infrarotes Licht zusätzlich auszunutzen.

Die Steuerung der spektralen Empfindlichkeit erfolgt in der Regel mit Hilfe einer elektrischen Spannung, die

zwischen der obersten Detektorschicht, welche in der Regel aus einem transparenten und leitfähigen Oxid (TCO = Transparent Conductive Oxide) besteht, und dem Halbleitersubstrat angelegt wird. Alternativ hierzu kann die Spannung auch zwischen der TCO-Schicht und einer vom Halbleitersubstrat isolierten Elektrode angelegt werden, bei der es sich beispielsweise um eine Elektrode handeln kann, die der Vorrichtung, die den Ladungstransport durchführt, zugeordnet werden kann.

Eine vorteilhafte Weiterentwicklung des Verfahrens besteht darin, die Detektorstruktur derart mit einer Steuerspannung zu beaufschlagen, daß alle Bildpunkte während einer Integrationsphase die gleiche Farbempfindlichkeit besitzen. Dadurch ist es möglich, eine aufzunehmende Bildszene komplett in bestimmte Farbanteile zu zerlegen. Dies kann z. B. dann von Vorteil sein, wenn nur eine spezielle Farbinformation von Interesse ist.

Eine weitere vorteilhafte Weiterentwicklung des Verfahrens ist durch die Generierung von mehreren Steuerspannungen zur Farbauswahl gegeben, die jeweils nur einzelne Zeilen oder beliebige, z. B. auch matrixförmige Gebiete mit der gleichen Spannung beaufschlagen. Dies hat den Vorteil, daß der Bildsensor lokal unterschiedliche Farbempfindlichkeiten besitzt, die sich nach Ablauf einer Integrationsphase kontinuierlich verändern lassen.

Die Funktionsweise eines erfindungsgemäßen optischen Sensors wird im folgenden anhand einiger Zeichnungen erläutert, welche sich auf Ausführungsbeispiele beziehen.

Da eine erfindungsgemäße Bildsensorvorrichtung und Wahl der Farbempfindlichkeiten nicht zwingend zu einem

praktikablen Farbausgangssignal führt, besteht eine vorteilhafte Weiterentwicklung der Bildsensorvorrichtung in der Kombination des Bildsensors mit einer Farbsignalerzeugungsvorrichtung, die die vom Bildsensor kommenden spektral gewichteten Pixelsignale zu einem praktikablen Vollfarbsignal am Ausgang des Farbsignalerzeugers verarbeitet.

Dabei zeigen

Fig. 1a: einen Querschnitt durch einen erfindungsgemäßen optischen Sensor unter Verwendung eines $ni'ipp^+$ -Detektors, dargestellt in der yz-Ebene,

Fig. 1b: einen Querschnitt durch einen erfindungsgemäßen optischen Sensor unter Verwendung eines $ni'ipp^+$ -Detektors, dargestellt in der xy-Ebene,

Fig. 2a: einen Querschnitt durch einen erfindungsgemäßen optischen Sensor unter Verwendung eines $ni'nipp^+$ -Detektors, dargestellt in der yz-Ebene,

Fig. 2b: einen Querschnitt durch einen erfindungsgemäßen optischen Sensor unter Verwendung eines $ni'nipp^+$ -Detektors, dargestellt in der xy-Ebene,

Fig. 3a: einen Querschnitt durch einen erfindungsgemäßen optischen Sensor unter Verwendung eines $ni'nip^*pp^+$ -Detektors, dargestellt in der yz-Ebene,

Fig. 3b: einen Querschnitt durch einen erfindungsgemäßen optischen Sensor unter Verwendung eines $ni'nip^*pp^+$ -Detektors, dargestellt in der xy-Ebene,

- Fig. 4: einen Querschnitt durch einen erfindungsgemäßen optischen Sensor unter Verwendung eines $pi'ip^-$ -Detektors, dargestellt in der yz-Ebene,
- Fig. 5: einen Querschnitt durch einen erfindungsgemäßen optischen Sensor unter Verwendung eines $pi'ip^-n^+$ -Detektors, dargestellt in der xy-Ebene,
- Fig. 6: ein Blockschaltbild für den Aufbau einer erfindungsgemäßen Farbsignalvorrichtung,
- Fig. 7: eine Darstellung des zeitabhängigen Kapazitätsverlaufs einer einem CCD-Bildpunkt zugeordneten Inversionsschicht unter Beleuchtung,
- Fig. 8a: den Verlauf des Stromes i_{mess} (vgl. Fig. 6) bei verschiedenfarbiger Beleuchtung und eingestellter Rotempfindlichkeit,
- Fig. 8b: den Verlauf des Stromes i_{mess} (vgl. Fig. 6) bei verschiedenfarbiger Beleuchtung und eingestellter Rotempfindlichkeit in vergrößerter Darstellung,
- Fig. 9a: den Verlauf des Stromes i_{mess} (vgl. Fig. 6) bei verschiedenfarbiger Beleuchtung und eingestellter Blauempfindlichkeit,
- Fig. 9b: den Verlauf des Stromes i_{mess} (vgl. Fig. 6) bei verschiedenfarbiger Beleuchtung und eingestellter Blauempfindlichkeit in vergrößerter Darstellung.

Fig. 1a, 1b zeigt je einen Querschnitt durch einen erfindungsgemäßen Sensor unter Verwendung einer eine ni'-i-Detektorstruktur 02, 03, 04, die in Verbindung mit dem Substrat 05, 06 des CCD-Bauelementes einen ni'ipp⁺-Farbdetektor bildet. Diese besteht aus einer Schichtenfolge, welche aus zwei i-Schichten mit unterschiedlichem Bandabstand und einer dotierten Schicht gebildet werden, die über eine TCO-Schicht kontaktiert wird. Die Eigenschaften der beiden i-Schichten sind derart zu wählen, daß die Schicht mit dem höheren Bandabstand (i'-Schicht) der Lichteinfallseite zugewandt liegt und die Schicht mit dem geringeren Bandabstand (i-Schicht) der Lichteinfallseite abgewandt liegt. Die i- und i'-Schichten können z. B. aus hydrogenisierten amorphem Silizium (a-Si:H) oder dessen Legierungen bestehen. Dabei kann in der i-Schicht reines a-Si:H verwendet werden, während die i'-Schicht z. B. mit Kohlenstoff versetzt wird, so daß deren Bandabstand angehoben wird. Ebenso kann die i'-Schicht aus reinem a-Si:H bestehen, während die i-Schicht z. B. mit Germanium versetzt wird, so daß deren Bandabstand im Vergleich zu dem der i'-Schicht vermindert wird. Auch beide Schichten können mit geeigneten Materialien legiert sein. Fig. 1a zeigt den Aufbau eines derartigen Farbbildsensors in der yz-Ebene; der gleiche Bildsensor in der xy-Ebene ist in Fig. 1b zu sehen. Die Kontaktierung des Substrates 05 und somit der Detektorstruktur 02, 03, 04 geschieht vorzugsweise über die bei Bildsensoren in Ladungsverschiebetechnik üblichen Kanalbegrenzer 06, die entlang des Ladungstransportpfades 12 verlaufen. Als Alternative ist jedoch auch ein separater Substratanschluß möglich. Die Funktionsweise des Farbbildsensors beruht darauf, daß das CCD-Bauelement zum einen als Ladungstransportsystem fungiert. Andererseits

wird in dessen Substrat 05 auch langwelliges Licht absorbiert, wodurch es zur Generation von Ladungsträgern kommt, die in der Inversionszone 08 gesammelt werden. Das Substrat 05 ist somit Teil des Detektors selbst.

Die Detektorstruktur kann gemäß Fig. 2a, 2b bzw. 3a, 3b durch Einführung zusätzlicher dotierter Schichten zwischen den beiden i-Schichten 03, 04 bzw. zwischen der der Lichteinfallrichtung 11 abgewandten i-Schicht 04 und dem Substrat 05 derart optimiert werden, daß die Farbselektivität an einen gewünschten Wertebereich der Vorspannung U_F 09 angepaßt werden kann. Dabei kann mit dem Dotierungstyp, der Dotierungshöhe und der Dicke der Schichten ein für eine optimale Farbtrennung erforderliches Profil der elektrischen Feldstärke in den beiden i-Schichten 03, 04 und im Substrat 05 eingestellt werden. Die zwischen der der Lichteinfallseite 11 abgewandten i-Schicht 04 und dem Substrat 05 eingeführte dotierte Schicht 14 kann dabei sowohl Bestandteil des Substrats 05 sein, also z. B. aus kristallinem Silizium bestehen, als auch Bestandteil der aufgetragenen Detektorstruktur, also z. B. aus a-Si:H bestehen. Eine weitere Ausführungsform besteht darin, daß zwischen der der Lichteinfallseite 11 abgewandten i-Schicht 04 und dem Substrat 05 eine i*-Schicht eingeführt wird, deren Bandabstand der niedrigste der drei i-Schichten ist. Auf diese Weise kann erreicht werden, daß der überwiegende Teil des einfallenden Lichtes im Detektorsystem absorbiert wird, so daß die Ladungsverschiebestruktur nur noch dem Transport der Ladungsträger dient. Ebenso kann auf diese Weise eine Struktur erzeugt werden, welche mehr als drei Spektralbereiche selektieren kann. Alle vorgenannten Strukturen können zum Zwecke der Einstellung von Feldstärkeprofilen mit dotierten Schichten zwischen

den einzelnen i-Schichten und der untersten i-Schicht und dem Substrat 05 versehen werden. Des weiteren können andere als die dargestellten Dotierprofile verwendet werden, so z. B. auch $pi'ipp^+$ - oder $ni'inn^+$ - oder daraus abgeleitete Strukturen.

Anhand des in Fig. 1a, 1b dargestellten Ausführungsbeispiels bei dem ein $ni'i$ -Detektor 02, 03, 04 aus amorphem Silizium auf der der Lichteinfallrichtung zugewandten Seite eines CCD-Sensors, welches ein p-dotiertes Substrat 05 besitzt, aufgebracht ist, wird im folgenden die Funktionsweise des Sensors näher beschrieben. Der Detektor selbst wird auf der Lichteinfallseite 11 über eine TCO-Schicht 01 mit einer Steuerspannung U_F 09 beaufschlagt, mit der die Farbempfindlichkeit eingestellt wird. Der entgegengesetzte Kontakt wird durch p^+ - dotierte Kanalbegrenzer 06 einer Zeile des CCD-Bauelementes gebildet. Bei dieser Anordnung hat das Substrat 05 des CCDs neben der Funktion als Ladungstransportsystem auch die Aufgabe, langwelliges Licht zu absorbieren. Fällt Licht auf die Detektorstruktur 02, 03, 04, 05 kommt es zur Generation von freien Ladungsträgern, von denen ein Teil aufgrund des vorhandenen elektrischen Feldes zwischen der TCO-Schicht 01 und den Kanalbegrenzer 06 zur Inversionszone 08 driftet bzw. diffundiert, wo er akkumuliert wird. Anschließend lassen sich diese Ladungspakete durch drei phasenverschobene Ansteuersignale Φ_1 bis Φ_3 10 zeilenförmig auslesen.

Verändert man die Spannung U_F 09 derart, daß sich ein elektrisches Feld in der amorphen i-Schicht 04 mit dem geringeren Bandabstand aufbaut, so driften die dort infolge von Absorption von Licht mittlerer Wellenlänge

generierten und unter dem Einfluß des elektrischen Feldes getrennten Ladungsträger zur Inversionszone 08, wo sie wiederum gesammelt und anschließend seriell ausgelesen werden. Wird U_f 09 weiter erhöht, baut sich schließlich ein elektrisches Feld in der i' -Schicht 03 mit dem höheren Bandabstand auf, wo kurzwelliges Licht absorbiert wird. Die dort generierten Ladungsträger driften durch die untere i -Schicht 04 ebenfalls zur Inversionszone 08, wo sie auf die gleiche Weise ausgelesen werden. Mithin handelt es sich bei den Ladungsträgern, die in der der Lichteinfallseite 11 abgewandten Ladungsverschiebestruktur transportiert werden, um solche, die im Substrat 05 in Folge von Absorption langwelliges Lichtes (rot) generiert wurden, wenn die Detektorstruktur 02, 03, 04, 05 ohne Spannungsbeaufschlagung betrieben wird, bzw. mit einer solchen Vorspannung 09, die keine Injektion von Ladungsträgern in die Inversionszone 08 zuläßt. Bei geringer Vorspannung 09 werden zusätzlich die in der i -Schicht 04 durch die Absorption von Licht mittlerer Wellenlänge (grün) generierten Ladungsträger in die Inversionszone 08 der Ladungsverschiebestruktur injiziert und dort transportiert. Bei einer weiteren Erhöhung der Vorspannung 09 werden schließlich auch die infolge der Absorption kurzwelliges Lichtes (blau) in der i' -Schicht 03 generierten Ladungsträger in die Inversionszone 08 injiziert. Mithin können z. B. in der Ausführungsform als flächenhafter Sensor mit matrixförmig angeordneten Transportelettroden durch Umschalten der Vorspannung 09 Bilder detektiert werden, die nur den Rotanteil der auftreffenden Beleuchtung enthalten oder Bilder, die den Rotanteil plus den Grünanteil enthalten oder Bilder, die den Rotanteil plus den Grünanteil plus den Blauanteil enthalten. Durch zyklisches Umschalten der

Empfindlichkeit nach Aufzeichnung und Auslese der Einzelbilder läßt sich auf diese Weise ein komplettes Farbbild gewinnen.

Fig. 4 zeigt eine zu Fig. 1a komplementäre Ausführungsmöglichkeit. Die dort n-dotierte der Lichteinfallseite zugewandte Schicht aus amorphem Silizium 02 ist durch eine p-a-Si:H-Schicht 30 ersetzt, und die kanalbegrenzenden p⁺-Diffusionen 06 sind entfallen. Die Funktionsweise ist jedoch prinzipiell gleich geblieben. Ladungsträger aus der amorphen Mehrschichtstruktur 30, 03, 04 werden in der Inversionzone 08 gesammelt und durch Anlegen geeigneter Takte 10 ausgelesen.

Fig. 5 zeigt eine weitere Realisierungsmöglichkeit eines erfindungsgemäßen Sensors. Die vom Dünnschichtsystem 30, 03, 04 kommenden Ladungsträger werden in der Hauptsache in der n⁺-Diffusion 31 gesammelt. Zum Auslesen der Ladungen wird die in der Sammeldiffusion 31 integrierte Ladung durch Anlegen eines Transfersignals 33 an das Transfergate 32 über die sich unter der Transferelektrode 32 gebildete Inversionsschicht in die CCD-Speicherzelle 08 überführt, wo sie mit Hilfe des CCD-Ladungstransportsystems 10 weitertransportiert werden kann. Anstelle der CCD-Speicherzelle kann auch eine zusätzliche Auslesediffusion verwendet werden, zu der die in der Sammeldiffusion angesammelten Ladungsträger durch die unter dem Transfergate gebildete Inversionsschicht gelangen und von der sie über einen Kontakt ausgelesen werden können. In diesem Fall kann wegen der in der Regel geringeren Kapazität der Auslesediffusion im Vergleich zur Sammeldiffusion eine Verstärkung in bezug auf das Spannungssignal erzielt werden.

Die prinzipielle Funktion der Grundstruktur läßt sich anhand einer Messung demonstrieren, welche an einer Struktur auf der Basis der in Fig. 1a, 1b dargestellten Detektoranordnung vorgenommen worden ist, die sich der Lichteinfallrichtung zugewandt auf einem Halbleitersubstrat befindet, welches auf der der Lichteinfallrichtung abgewandten Seite eine MOS-Struktur (MOS = Metal Oxide Semiconductor) enthält, wie sie üblicherweise bei CCD-Sensoren verwendet wird. Die farbselektive Detektorstruktur ist dabei so ausgeführt, daß sie eine spektrale Selektivität zwischen Rot und Blau aufweist. Die der Messung zugrundeliegende Prinzipschaltung ist in Fig. 6 skizziert.

Fig. 6 zeigt eine mögliche Realisierung einer erfindungsgemäßen Farbsignalerzeugungsvorrichtung. Dicke Pfeile symbolisieren jeweils eine unspezifizierte Anzahl Digitalsignale, während dünne Pfeile jeweils ein Analogsignal darstellen.

Der symbolisch dargestellte Bildsensor 40 mit den erfindungsgemäßen Farbpixeln 41 wird von den Taktsignalen 42 der Steuervorrichtung 43 derart angesteuert, daß alle Bildpunkte während einer Integrationsphase die gleiche Farbempfindlichkeit besitzen, in diesem Beispiel erst für Rot, dann für Grün und dann für Blau. Das in der ersten Integrationsphase erzeugte Rotbild wird nach Beendigung der Integrationsphase am Bildsensorausgang 44 zur Verfügung gestellt von der Vorstufe 45 vorverarbeitet, vom Analog-Digitalwandler 46 zu Digitalsignalen 47 digitalisiert und in einem Speicher 48 für das Rotbild abgelegt.

Das in der darauffolgenden Integrationsphase erzeugte Grünbild wird nach Beendigung derselben über denselben Signalweg 44, 45, 46, 47 digitalisiert und in einem zweiten Speicher 49 abgelegt. Ebenso erfolgt eine Speicherung des Blaubildes in dem dritten Speicher 50.

Danach erfolgt wieder die Erzeugung und Speicherung eines neuen Rotbildes, das das alte Rotbild im Speicher 48 ersetzt und so weiter. Die Verarbeitungsstufen 45, 46 und Digitalspeicher 48, 49, 50 werden dabei von der Steuerung 43 mit geeigneten Signalen 51, 52, 53, 54, 55 angesteuert. In den Farbsignalspeichern 48, 49 und 50 stehen so zu jedem Zeitpunkt alle drei Farbteilbilder vollständig zur Verfügung.

Zur Erzeugung eines Vollfarbbildes werden die gespeicherten Pixelfarbwerte sequentiell ausgelesen 56, 57, 58 von den Digital-Analogwandlern 59, 60, 61 in die Analogsignale Rotsignal 62, Grünsignal 63 und Blausignal 64 gewandelt und vom Farbsignalmischer 65 derart zusammengemischt, daß an dessen Ausgang 66 ein vollständiges Farbsignal zur Verfügung steht, das von nachfolgenden Stufen weiterverarbeitet werden kann. Eine geeignete Signalform stellt beispielsweise das bekannte und genormte FBAS-Signal dar, in dem Helligkeit-, Farb- und Synchronisationssignale zusammengemischt sind.

Die Speicher 48, 49, 50 Wandler 59, 60, 61 und der Mischer 65 werden dazu von der Steuerung 43 mit geeigneten Signalen 53, 54, 55, 67, 68 versorgt. Die oben genannten Komponenten zur Farbsignalerzeugung können dabei mit dem Bildsensor 40 auf demselben Chipsubstrat realisiert werden oder auf einem Hybridsubstrat oder Platine.

Die Meßgröße besteht im Verschiebungsstrom 17 durch die bei jedem CCD-Sensorpixel enthaltene MOS-Struktur 15. Dazu wird diese mit Hilfe eines Impulsgenerators 16 von der Akkumulation in die tiefe Inversion gesteuert und der daraus resultierende Strom 17 über den Spannungsabfall eines Widerstandes 18 ermittelt. Das gesamte Meßsystem bildet somit ein RC-Glied. Die Kapazität 15 der MOS-Struktur verändert sich während einer solchen Ansteuerung zum einen beim Übergang von der Akkumulation in die tiefe Inversion wie auch, was im folgenden entscheidend ist, bei der anschließenden Ladungsträgeransammlung in der sich ausbildenden Inversionszone. Der prinzipielle Kapazitätsverlauf 20 ist in Fig. 7 dargestellt. Nach dem Umschalten von der Akkumulation 21 in die tiefe Inversion 22 werden zwischen den Zeiten $t = 0$ und $t = t_1$ Ladungsträger in der Inversionszone gesammelt und aufintegriert. Je mehr Ladungsträger generiert bzw. von der Detektorstruktur injiziert werden, d. h. je größer die Beleuchtungsstärke ist, desto kürzer wird die Zeit t_1 . Im oben beschriebenen Meßaufbau wirkt sich dieser Sachverhalt auf die Abfallzeit des zu messenden Stromes 17 aus.

Die Fig. 8a, b und 9a, b zeigen den gemessenen Stromverlauf 17 vom Zeitpunkt der tiefen Inversion an. Im Falle der Fig. 8a, b ist die Struktur mit einer Spannung derart beaufschlagt, daß die vorrangig infolge von Absorption langwelligen Lichtes generierten Ladungsträger das Zeitintervall t_1 verkürzen. Bei einer Beleuchtung mit Licht einer Wellenlänge 492nm, also kurzwelligem Licht, ist der Einfluß auf den Stromverlauf gegenüber dem Fall ohne Beleuchtung gering, während er bei einer Beleuchtung mit einer Wellenlänge 650nm ausgeprägt ist. Der Detektor ist mithin vorrangig rotempfindlich. Für die Messungen

nach Fig. 9a, b wurde die Meßstruktur so mit Spannung beaufschlagt, daß der Detektor rot- und blauempfindlich ist. Aus Fig. 9a, b ist ersichtlich, daß nunmehr sowohl eine Beleuchtung mit Licht einer Wellenlänge von 492nm wie auch eine Beleuchtung mit Licht einer Wellenlänge von 650nm die Abfallflanke des Stromes signifikant beeinflussen. Der Blauanteil läßt sich mithin durch Vergleich der beiden Messungen ermitteln.

Patentansprüche

1. Optischer Sensor bestehend aus einer Anordnung von Bildpunkteinheiten (Pixel), wobei jede Bildpunkteinheit einen optoelektronischen Wandler zum Umwandeln der einfallenden Strahlung (11) in eine intensitäts- und wellenlängenabhängige Ladungsmenge sowie eine Speichervorrichtung (8) für die Ladungsmenge und eine Transportvorrichtung (12) für Ladungsmengenpakete umfaßt, und bestehend aus einer die Steuersignale für alle Bildpunkteinheiten bereitstellenden Steuervorrichtung sowie eine Auslesesteuereinrichtung für das Auslesen der abgespeicherten Ladungsmengen, wobei aus den bildpunkteinheitsbezogenen Meßwerten das auf den Sensor eingestrahlte Bild zusammensetzbar ist, dadurch gekennzeichnet, daß jeder Bildpunkteinheit in Lichteinfallrichtung mindestens eine Halbleiterschicht (2, 3, 4) vorgeordnet ist, an die eine externe elektrische Spannung (9) anlegbar ist, wobei die Absorptions- und/oder Sammeleigenschaften der mindestens einen Halbleiterschicht (2, 3, 4) derart variabel sind, daß für unterschiedliche von außen an das Bauelement angelegte elektrische Spannungen (9) Ladungsträger, welche durch Strahlung unterschiedlicher Wellenlänge generiert werden, gesammelt werden.

2. Optischer Sensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß er aus mindestens zwei Teilschichten unterschiedlicher Absorptionseigenschaften und/oder Sammellänge für photogenerierte Ladungsträger aufgebaut ist, derart, daß in der in Lichteinfallrichtung vorgeordneten Teilschicht

vermehrt Ladungsträger aufgrund kurzwelliger und in der in Lichteinfallrichtung nachgeordneten Teilschicht vermehrt Ladungsträger aufgrund langwelliger Lichteinstrahlung gesammelt werden.

3. Optischer Sensor nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß eine Auswerteelektronik (45-66, Fig. 6) vorgesehen ist derart, daß die zu unterschiedlicher spektraler Einstrahlung gehörigen Signalladungen farbselektiv auswertbar sind.

4. Optischer Sensor nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Teilschicht durch eine halbleitende Schicht (2, 3, 4) und die zweite Teilschicht durch das Substrat (5) des Sensors gebildet ist.

5. Optischer Sensor nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die unterschiedlichen Sammellängen in den Teilschichten durch unterschiedliche Dielektrizitätskonstanten hervorgerufen werden.

6. Optischer Sensor nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß in mindestens einer der Teilschichten ein erhöhtes bzw. ein verringertes μ -Tau-Produkt vorgesehen ist.

- 23 -

7. Optischer Sensor nach einem der vorgenannten Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung zum Transport der Signalladungen auf der der Lichteinfallstrichtung zugewandten Seite angeordnet ist.

8. Optischer Sensor nach einem der vorgenannten Ansprüche 1 bis 6,

dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung zum Transport der Signalladungen auf der der Lichteinfallstrichtung abgewandten Seite angeordnet ist.

9. Optischer Sensor nach einem der vorgenannten Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, daß der Sensor ein flächiger Sensor ist.

10. Optischer Sensor nach einem der vorgenannten Ansprüche 1 bis 8,

dadurch gekennzeichnet, daß der Sensor ein Zeilensensor ist.

11. Optischer Sensor nach einem der vorgenannten Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, daß das aufgebrachte Halbleitermaterial sich auf der der Lichteinfallstrichtung zugewandten Seite befindet.

12. Optischer Sensor nach einem der vorgenannten Ansprüche 1 bis 10,

dadurch gekennzeichnet, daß das aufgebrachte Halbleitermaterial sich auf der der Lichteinfallstrichtung abgewandten Seite befindet.

- 24 -

13. Optischer Sensor nach einem der vorgenannten Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, daß das zusätzliche Halbleitermaterial ein Mehrschichtsystem aus amorphem Silizium und dessen Legierungen, bestehend aus einer Abfolge von dotierten und undotierten Schichten, enthält.

14. Optischer Sensor nach einem der vorgenannten Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, daß die Spannung zur Steuerung der spektralen Empfindlichkeit zwischen einer Elektrode, welche Teil des optoelektronischen Wandlers ist, und dem Halbleitersubstrat angelegt wird.

15. Optischer Sensor nach einem der vorgenannten Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, daß die Spannung zur Steuerung der spektralen Empfindlichkeit zwischen einer Elektrode, welche Teil des optoelektronischen Wandlers ist, und einer vom Halbleitersubstrat isolierten Elektrode angelegt wird.

16. Optischer Sensor nach einem der vorgenannten Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, daß die spektrale Empfindlichkeit der optoelektronischen Wandler in einer Meßperiodendauer für alle Bildpunkteinheiten gleich ist.

- 25 -

17. Optischer Sensor nach einem der vorgenannten Ansprüche 1 bis 15,
dadurch gekennzeichnet, daß die spektrale Empfindlichkeit der optoelektronischen Wandler in einer Meßperiodendauer für Zeilen von Bildpunkteinheiten gleich ist.

18. Optischer Sensor nach einem der vorgenannten Ansprüche 1 bis 15,
dadurch gekennzeichnet, daß die spektrale Empfindlichkeit der optoelektronischen Wandler in einer Meßperiodendauer für beliebige Bereiche von Bildpunkteinheiten gleich ist.

19. Auswertesystem für einen optischen Sensor nach einem der vorgenannten Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, daß die spektralgewichteten Sensorausgangssignale durch eine Farbsignalerzeugungsvorrichtung weiterverarbeitet werden.

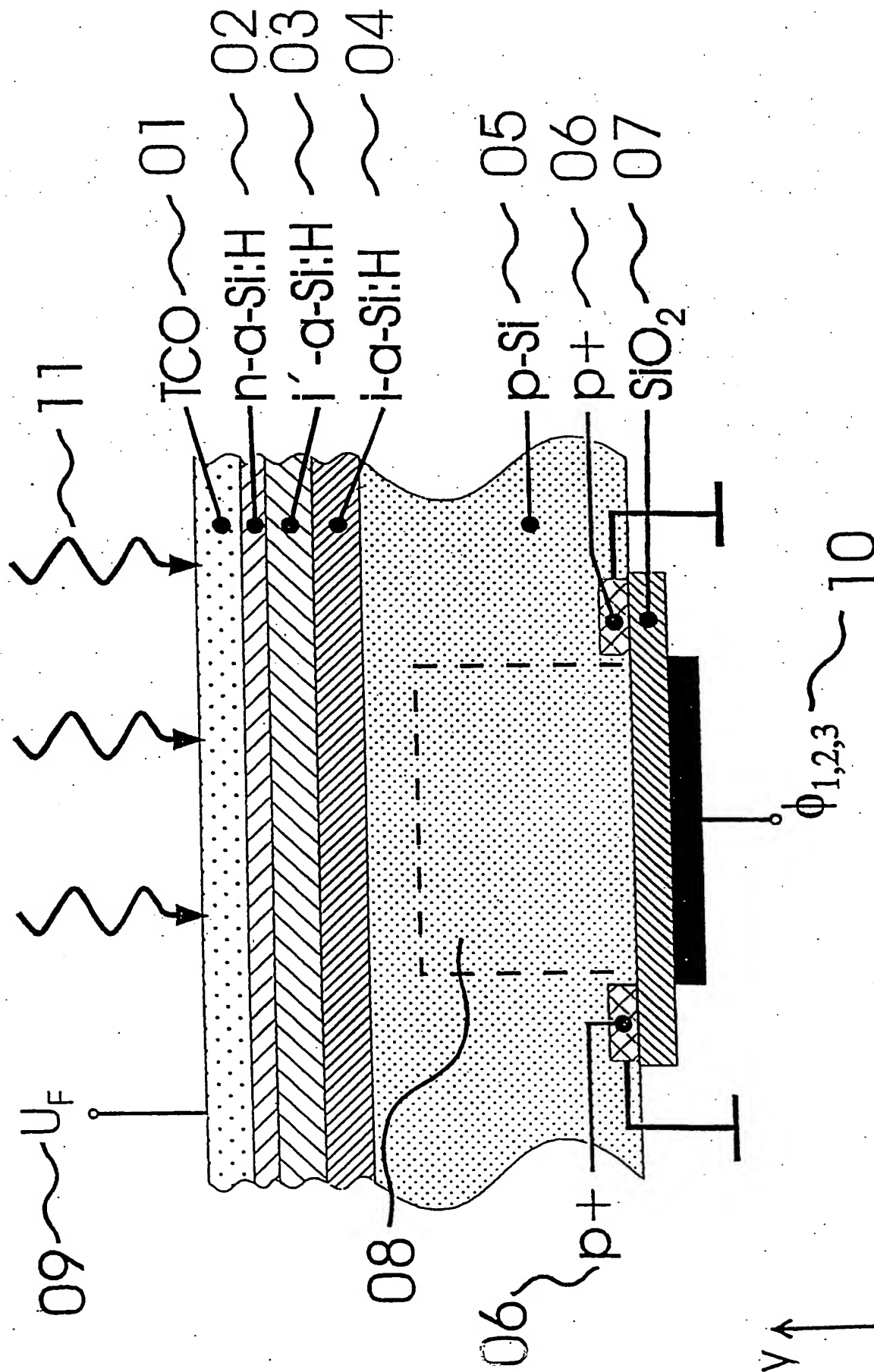


Fig. 1a

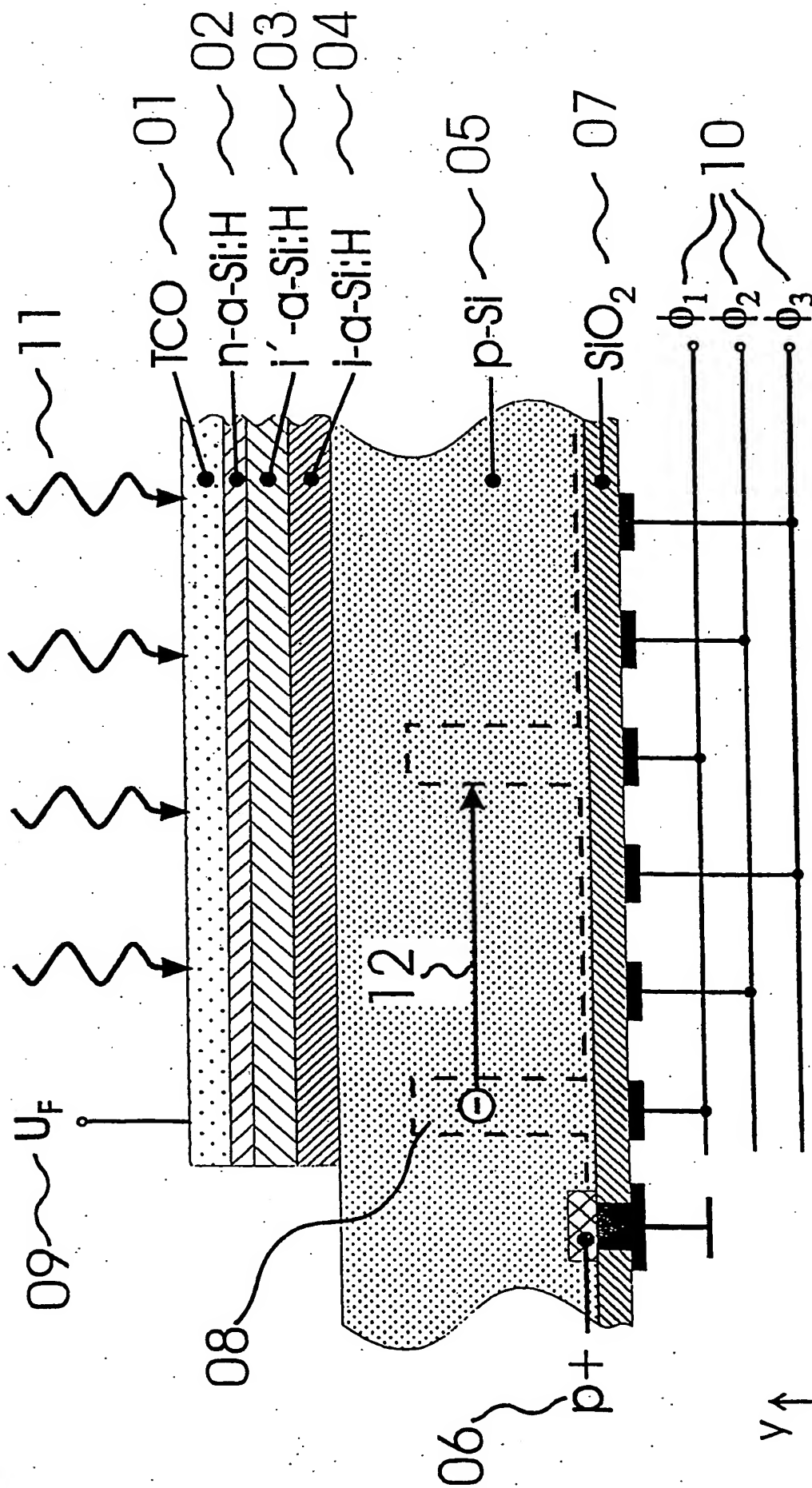


Fig. 1b

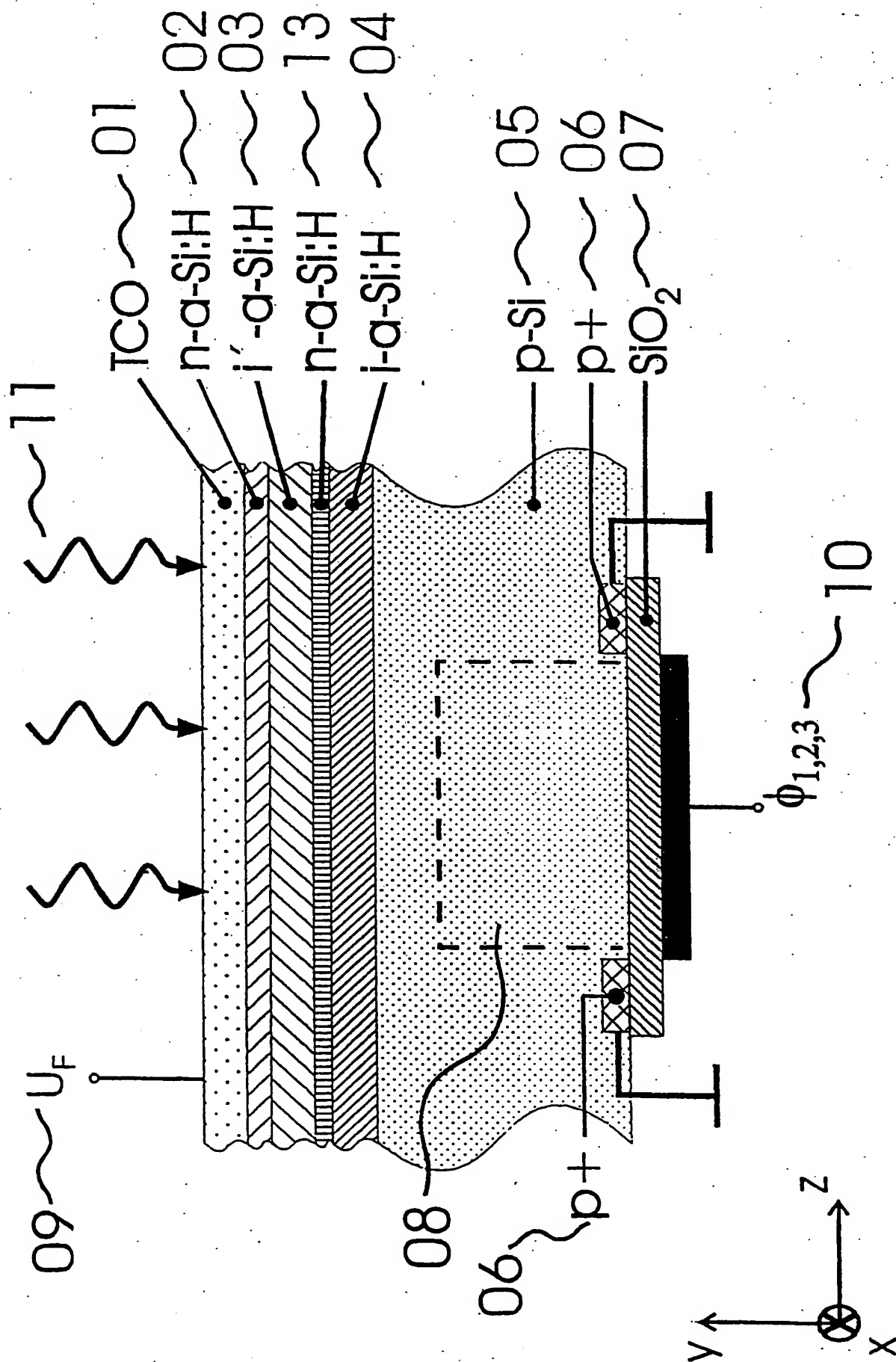


Fig. 2a

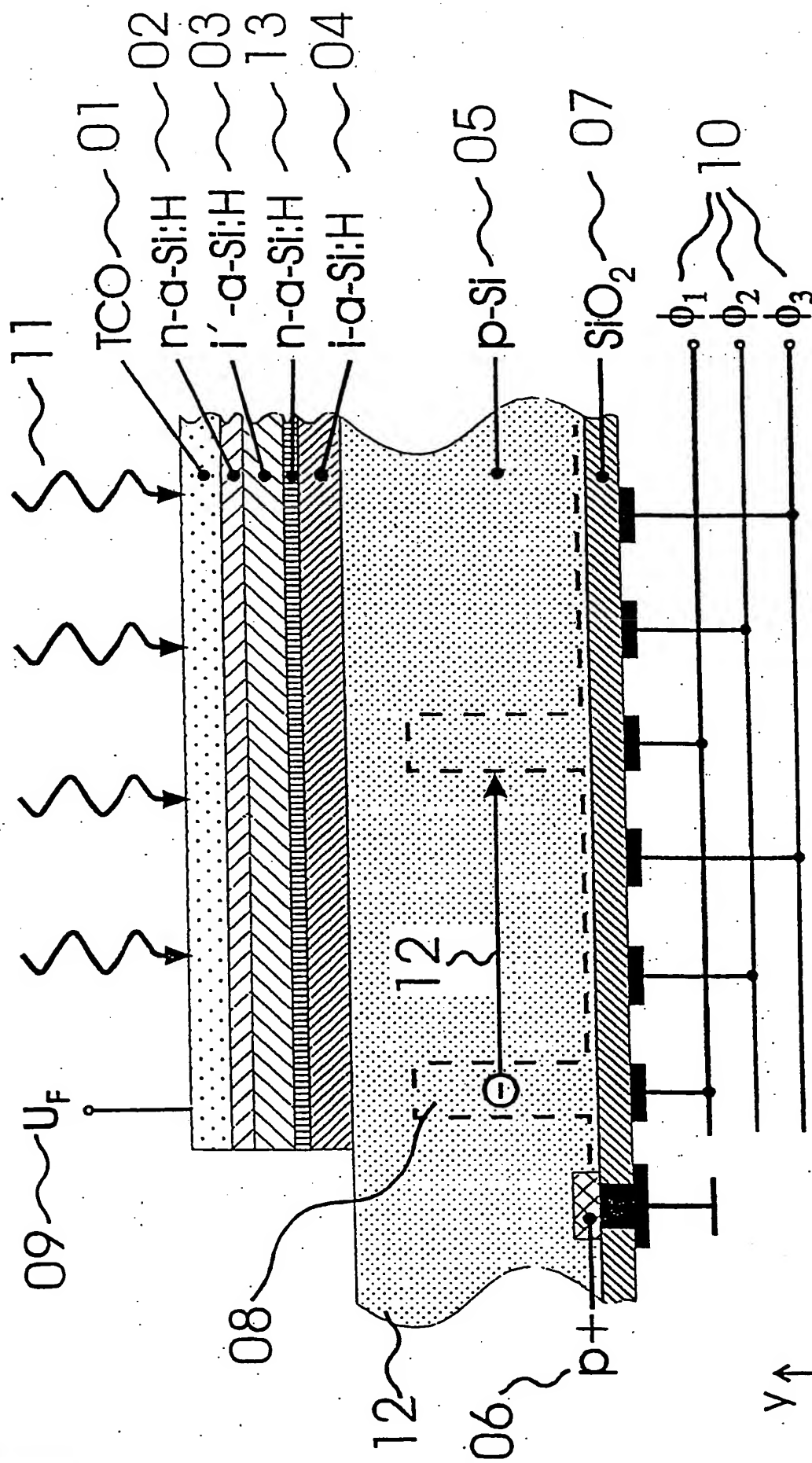


Fig. 2b

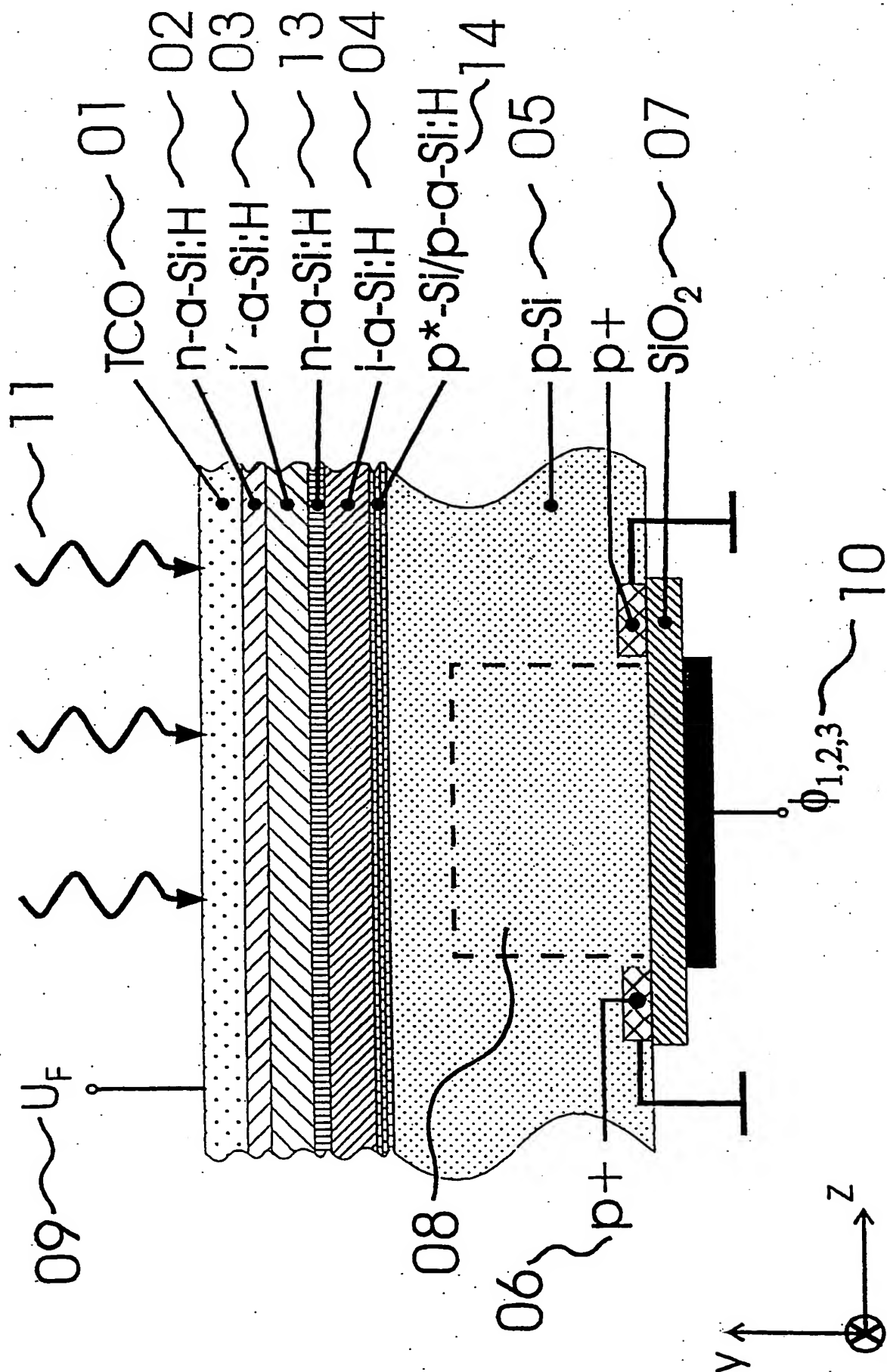


Fig. 3a

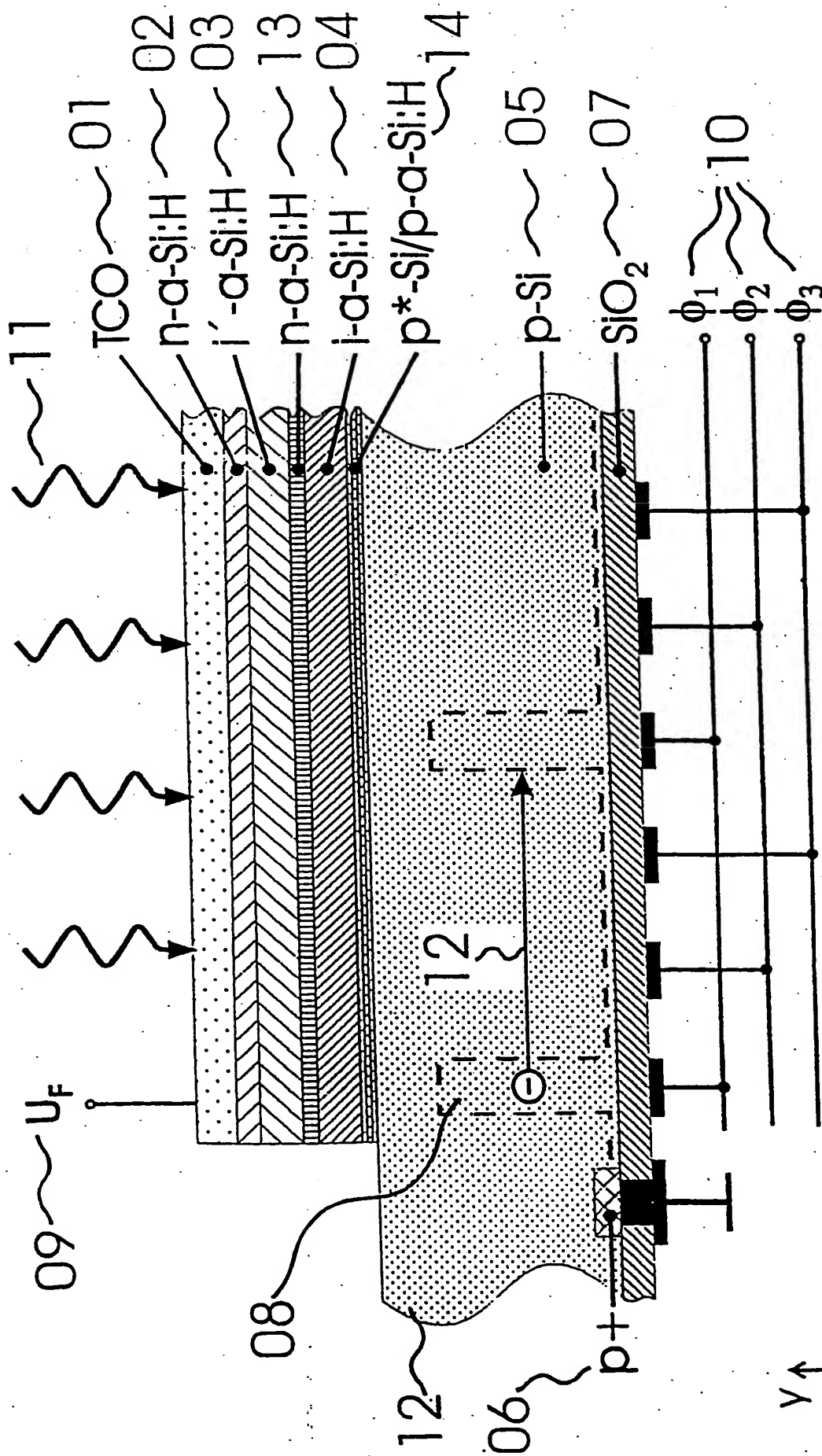


Fig. 3b

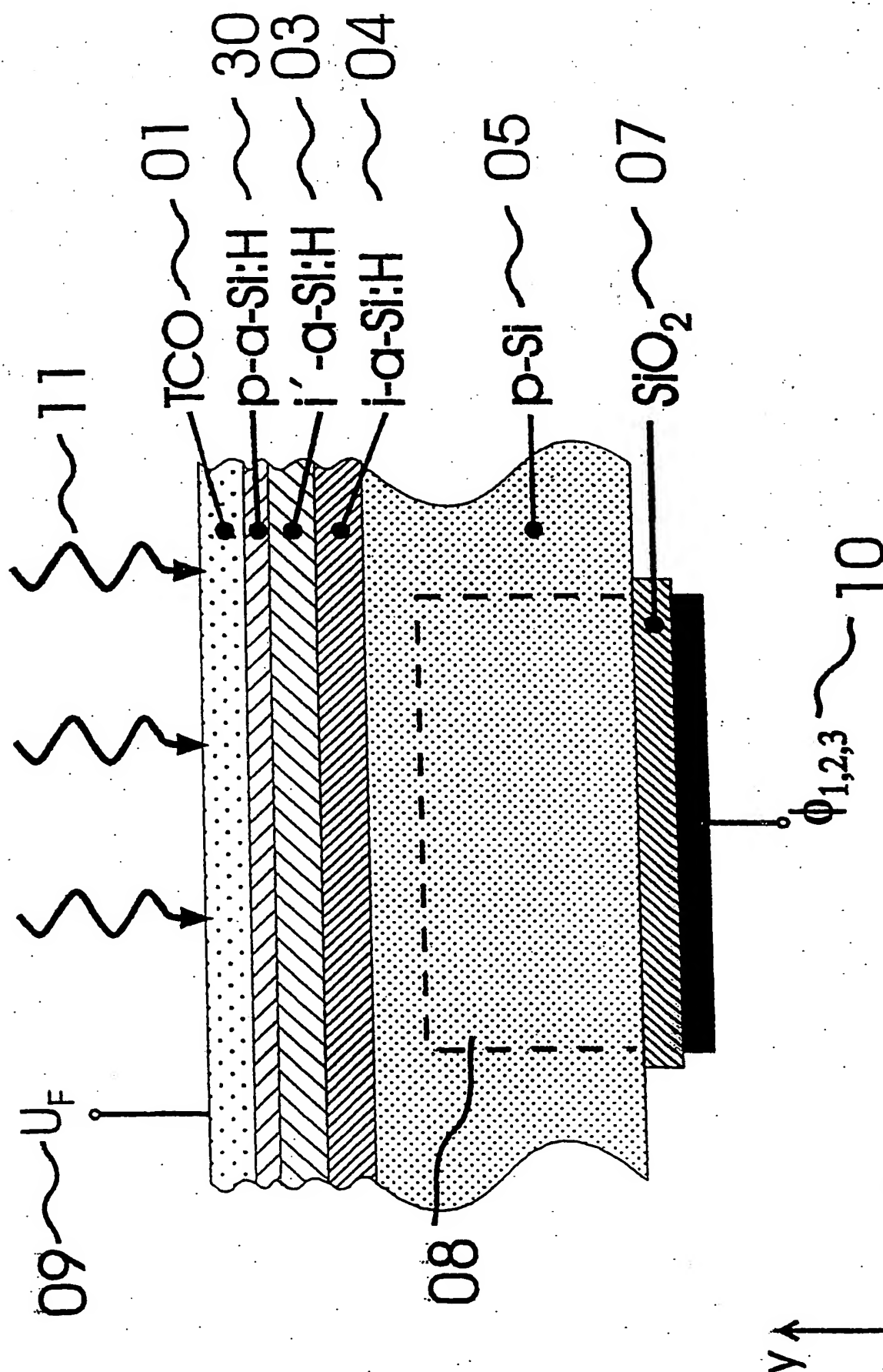


Fig. 4

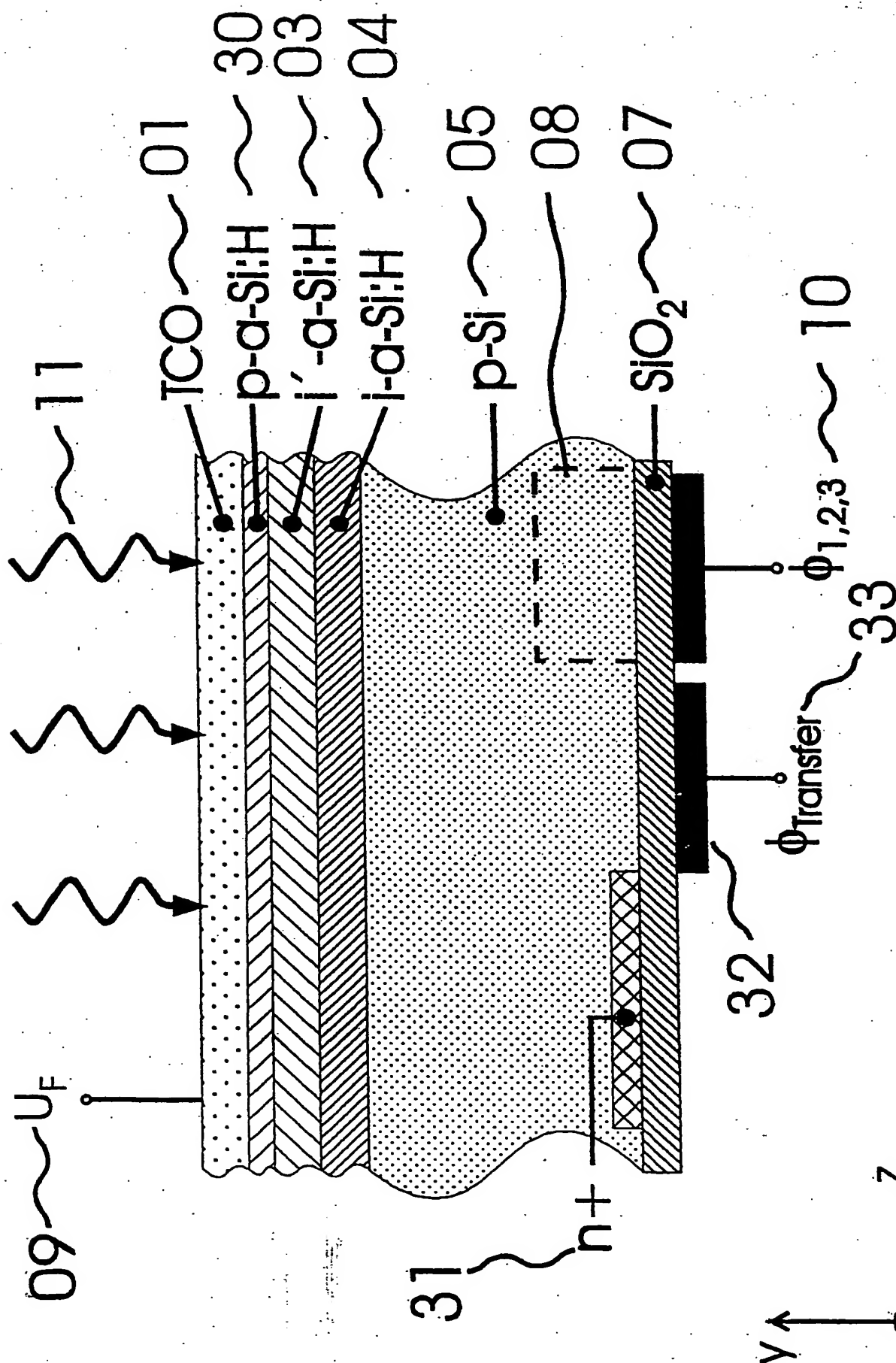


Fig. 5

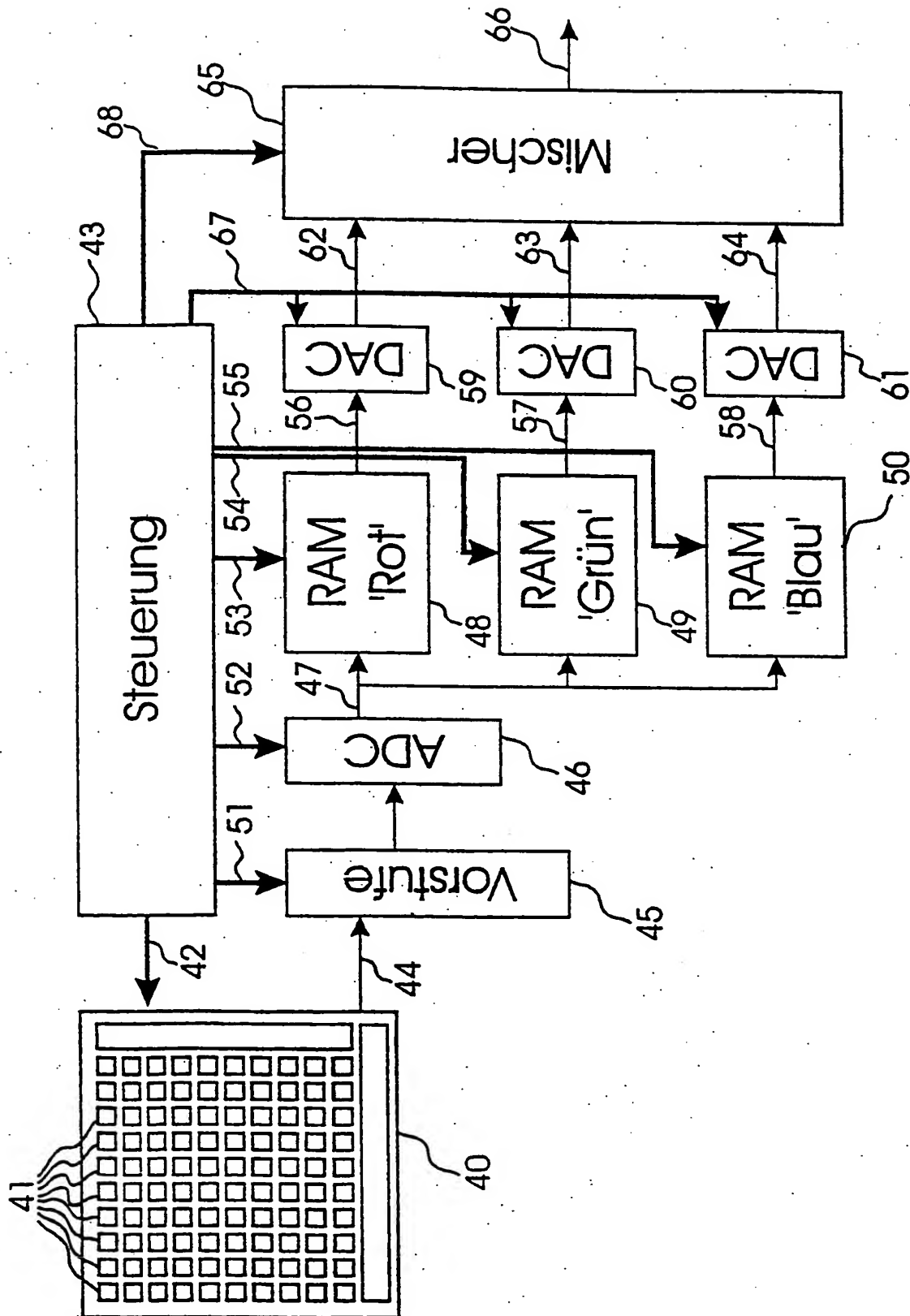


Fig. 6

10/14

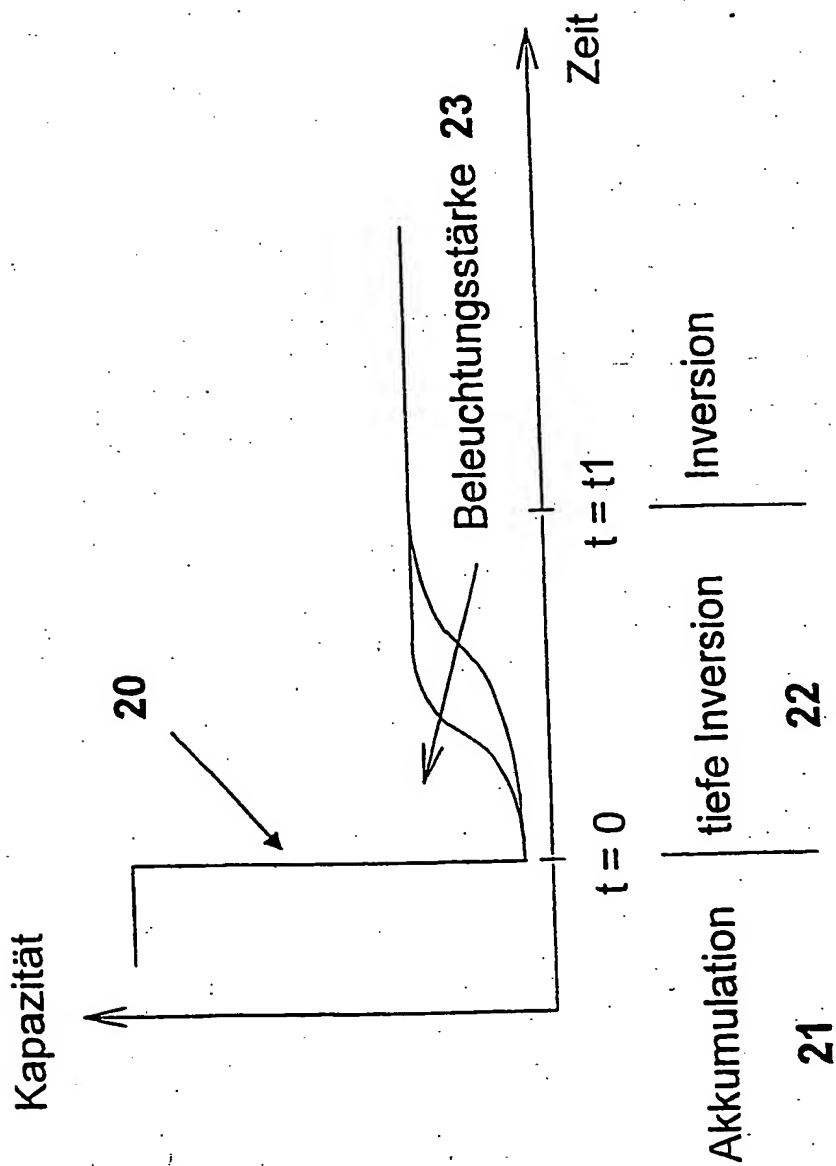


Fig. 7

11/14

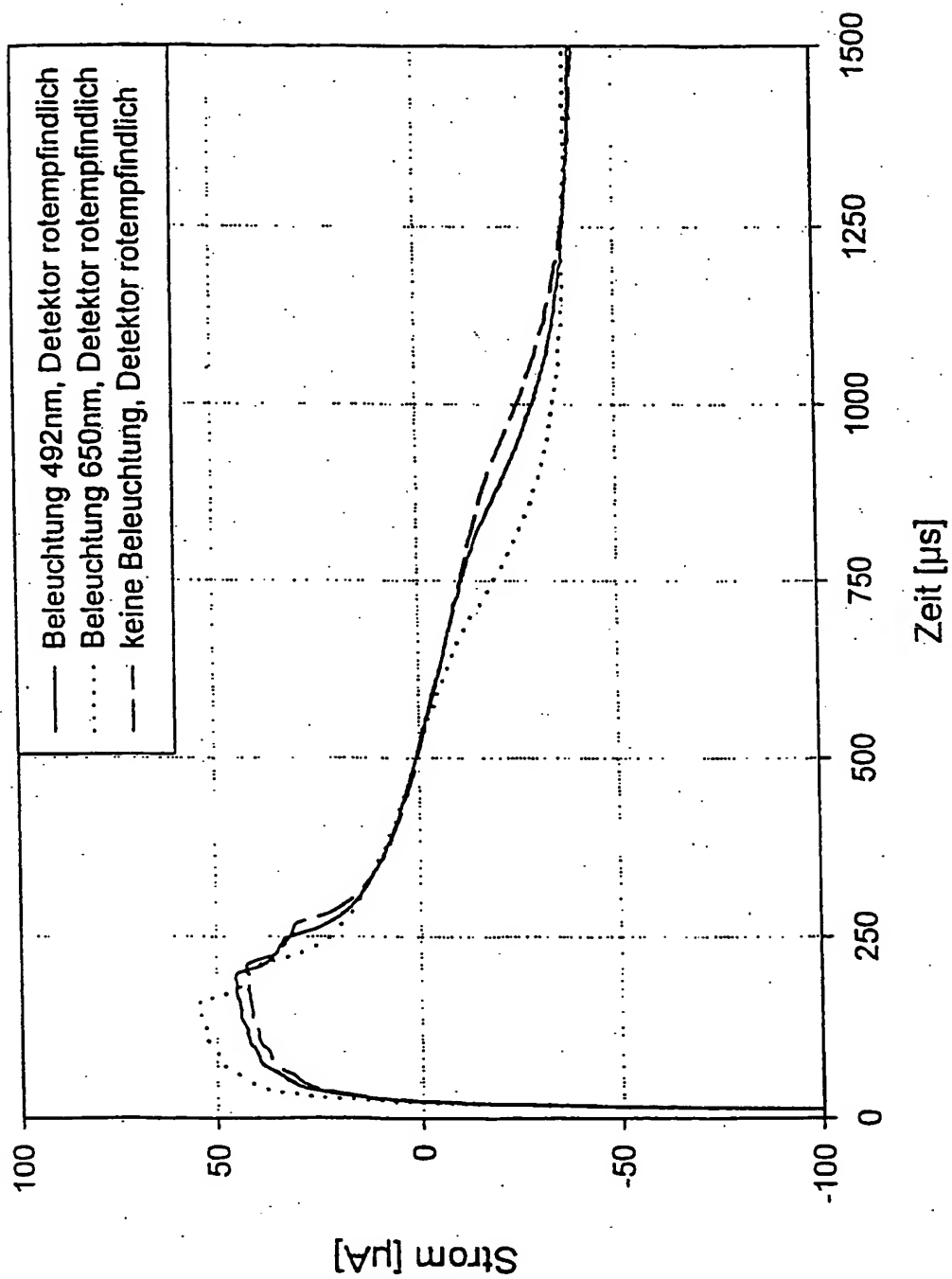


Fig. 8a

12/14

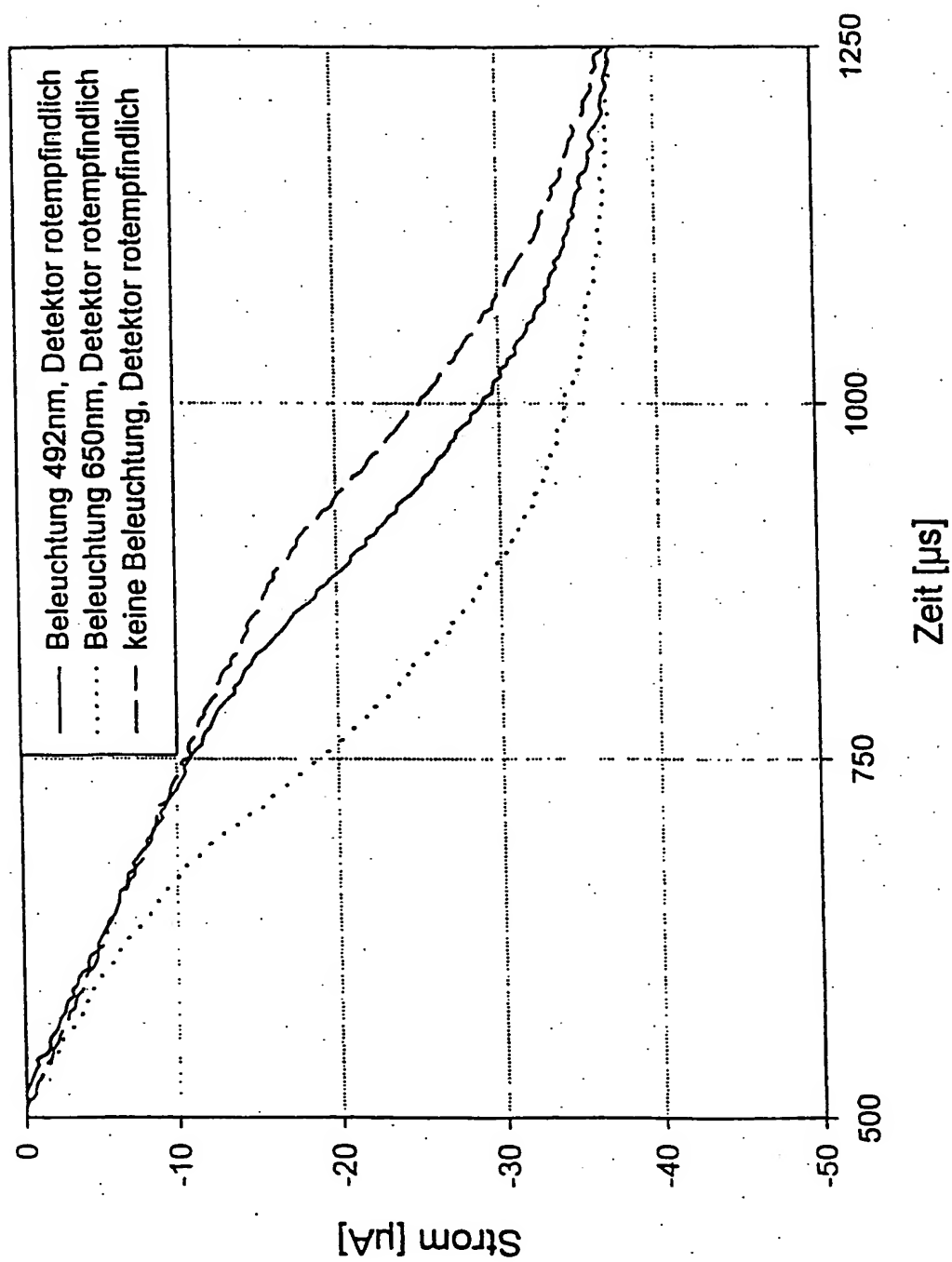


Fig. 8b

13/14

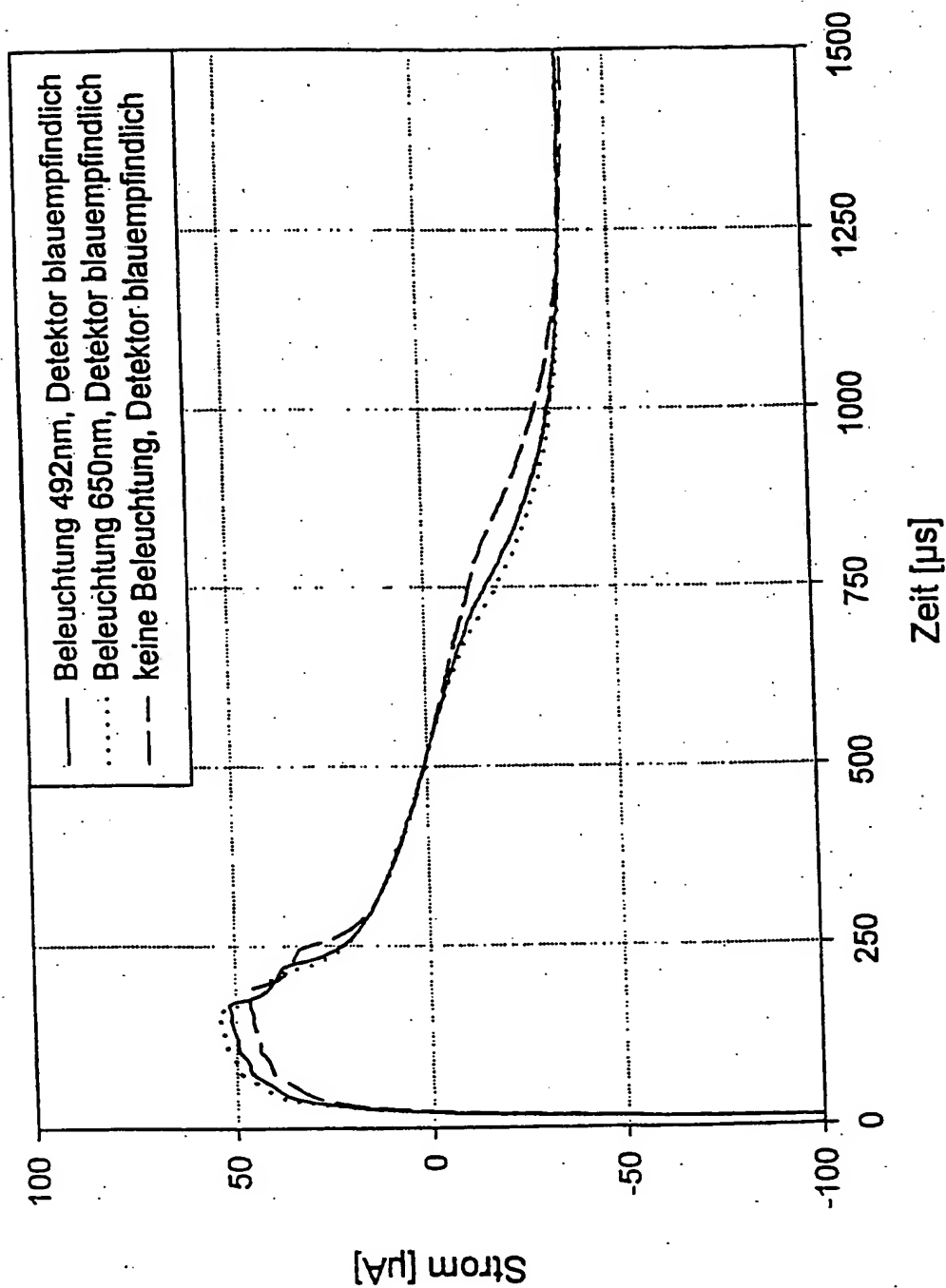


Fig. 9a

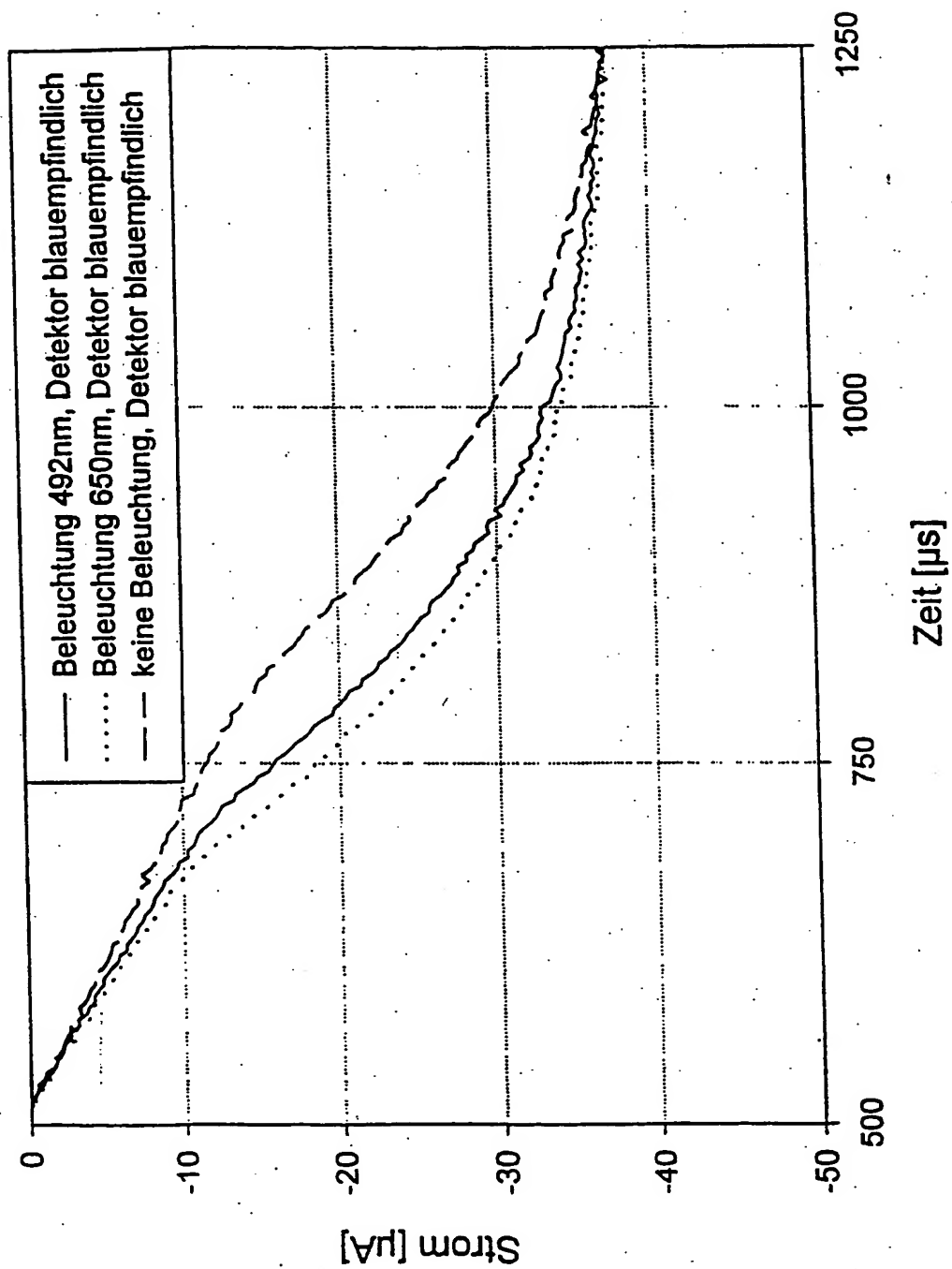


Fig. 9b

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 97/06380

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 6 H01L27/148

According to International Patent Classification(IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 6 H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category * | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|------------|--|--------------------------|
| X | WO 87 07082 A (SANTA BARBARA RES CENTER) 19 November 1987 see abstract; figures 1-4 see page 8, line 30 - page 9, line 22 see page 11, line 30 - page 12, line 29 | 1,2,7, 9-11,14, 15 |
| A | US 4 613 895 A (EASTMAN KODAK COMPANY) 23 September 1986 see abstract; figures 2-4 see column 2, line 15 - column 4, line 41 see column 5, line 39 - column 6, line 50 | 1-4, 7-12, 14-16 |
| A | EP 0 682 375 A (UNIV ROMA) 15 November 1995 see abstract; figures 1,2,5 see column 2, line 5 - column 3, line 22 -/- | 1,4,5,13 |

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

17 April 1998

Date of mailing of the international search report

23/04/1998

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Visscher, E

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 97/06380

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category * | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|------------|--|-----------------------------|
| A | <p>WO 96 13865 A (BOEHM MARKUS) 9 May 1996 cited in the application see abstract; figures 1,4,5 see page 4, line 25 - page 6, line 22 see page 12, line 8 - page 13, line 7 -----</p> | <p>1,4,5, 13,16-19</p> |

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Int. l. Application No

PCT/EP 97/06380

| Patent document cited in search report | Publication date | Patent family member(s) | Publication date |
|---|---------------------|----------------------------|---------------------|
| WO 8707082 A | 19-11-87 | DE 3751932 D | 28-11-96 |
| | | DE 3751932 T | 20-02-97 |
| | | EP 0270567 A | 15-06-88 |
| | | JP 2513755 B | 03-07-96 |
| | | JP 63503183 T | 17-11-88 |
| | | US 4952995 A | 28-08-90 |
| US 4613895 A | 23-09-86 | CA 1107379 A | 18-08-81 |
| | | DE 2811961 A | 28-09-78 |
| | | FR 2385219 A | 20-10-78 |
| | | GB 1597740 A | 09-09-81 |
| | | HK 5682 A | 19-02-82 |
| | | JP 1387716 C | 14-07-87 |
| | | JP 53118932 A | 17-10-78 |
| | | JP 61054314 B | 21-11-86 |
| EP 0682375 A | 15-11-95 | IT 1272248 B | 16-06-97 |
| | | US 5557133 A | 17-09-96 |
| WO 9613865 A | 09-05-96 | AU 3519395 A | 23-05-96 |
| | | CA 2204124 A | 09-05-96 |
| | | EP 0788661 A | 13-08-97 |

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 97/06380

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 6 H01L27/148

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 6 H01L

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile | Betr. Anspruch Nr. |
|------------|---|-----------------------------|
| X | WO 87 07082 A (SANTA BARBARA RES CENTER) 19. November 1987 siehe Zusammenfassung; Abbildungen 1-4. siehe Seite 8, Zeile 30 - Seite 9, Zeile 22 siehe Seite 11, Zeile 30 - Seite 12, Zeile 29 | 1, 2, 7, 9-11, 14, 15 |
| A | US 4 613 895 A (EASTMAN KODAK COMPANY) 23. September 1986 siehe Zusammenfassung; Abbildungen 2-4 siehe Spalte 2, Zeile 15 - Spalte 4, Zeile 41 siehe Spalte 5, Zeile 39 - Spalte 6, Zeile 50 --- -/-- | 1-4, 7-12, 14-16 |

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen:

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

17. April 1998

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

23/04/1998

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Visscher, E

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Int. nationales Aktenzeichen

PCT/EP 97/06380

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile | Betr. Anspruch Nr. |
|------------|---|--------------------|
| A | EP 0 682 375 A (UNIV ROMA) 15.November 1995 siehe Zusammenfassung; Abbildungen 1,2,5 siehe Spalte 2, Zeile 5 - Spalte 3, Zeile 22 ----- | 1,4,5,13 |
| A | WO 96 13865 A (BOEHM MARKUS) 9.Mai. 1996 in der Anmeldung erwähnt siehe Zusammenfassung; Abbildungen 1,4,5 siehe Seite 4, Zeile 25 - Seite 6, Zeile 22 siehe Seite 12, Zeile 8 - Seite 13, Zeile 7 ----- | 1,4,5, 13,16-19 |

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 97/06380

| Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument | Datum der Veröffentlichung | Mitglied(er) der Patentfamilie | Datum der Veröffentlichung |
|--|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| WO 8707082 A | 19-11-87 | DE 3751932 D | 28-11-96 |
| | | DE 3751932 T | 20-02-97 |
| | | EP 0270567 A | 15-06-88 |
| | | JP 2513755 B | 03-07-96 |
| | | JP 63503183 T | 17-11-88 |
| | | US 4952995 A | 28-08-90 |
| US 4613895 A | 23-09-86 | CA 1107379 A | 18-08-81 |
| | | DE 2811961 A | 28-09-78 |
| | | FR 2385219 A | 20-10-78 |
| | | GB 1597740 A | 09-09-81 |
| | | HK 5682 A | 19-02-82 |
| | | JP 1387716 C | 14-07-87 |
| | | JP 53118932 A | 17-10-78 |
| | | JP 61054314 B | 21-11-86 |
| EP 0682375 A | 15-11-95 | IT 1272248 B | 16-06-97 |
| | | US 5557133 A | 17-09-96 |
| WO 9613865 A | 09-05-96 | AU 3519395 A | 23-05-96 |
| | | CA 2204124 A | 09-05-96 |
| | | EP 0788661 A | 13-08-97 |

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.